

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Rie SATO, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW PATENT APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: SPIN-TUNNEL TRANSISTOR AND MAGNETIC REPRODUCING HEAD

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. **Date Filed**
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY
Japan

APPLICATION NUMBER
2002-276636

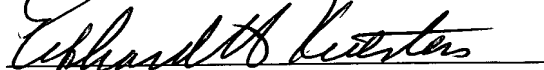
MONTH/DAY/YEAR
September 24, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Eckhard H. Kuesters

Registration No. 28,870

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-276636

[ST.10/C]:

[JP 2002-276636]

出 願 人

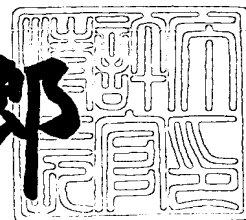
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 4月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3023465

【書類名】 特許願

【整理番号】 13B0280411

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 43/08

【発明の名称】 スピントンネルトランジスタ、磁気再生ヘッド、磁気情報再生システム、及び磁気記憶装置

【請求項の数】 7

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

 【氏名】 佐藤 利江

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 東芝リサーチ
コンサルティング株式会社内

 【氏名】 水島 公一

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100083161

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 外川 英明

 【電話番号】 (03)3457-2512

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 010261

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スピントネルトランジスタ、磁気再生ヘッド、磁気情報再生システム、及び磁気記憶装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エミッタと、

前記エミッタの近傍に形成されたコレクタと、

前記エミッタと前記コレクタ間に形成されたベースであり、前記エミッタ側に形成された第 1 の磁性層、前記コレクタ側に形成された第 2 の磁性層、及び前記第 1 及び第 2 の磁性層の間に形成された非磁性層を備えるベースと、

前記第 1 の磁性層と前記エミッタ間、あるいは前記コレクタと前記第 2 の磁性層間に形成されたトンネル障壁層であって、隣接する前記第 1 あるいは第 2 の磁性層と交換結合した反強磁性トンネル障壁層とを備えることを特徴とするスピントネルトランジスタ。

【請求項 2】 前記トンネル障壁層は、反強磁性誘電体膜、あるいは反強磁性誘電体膜と非磁性誘電体膜の積層構造を備えることを特徴とする請求項 1 記載のスピントネルトランジスタ。

【請求項 3】 前記反強磁性誘電体膜と隣接する前記第 1 あるいは第 2 の磁性層は、Fe、Co及びNiのいずれかの金属、あるいはFe、Co及びNiのいずれかを含む合金を含有し、前記反強磁性誘電体膜は前記金属あるいは合金の酸化物を含有することを特徴とする請求項 2 記載のスピントネルトランジスタ。

【請求項 4】 前記トンネル障壁層は前記エミッタと前記第 1 の磁性層間に形成され、前記エミッタは前記トンネル障壁層に接する半導体表面を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のスピントネルトランジスタ。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のスピントネルトランジスタを備えたことを特徴とする磁気再生ヘッド。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の磁気再生ヘッドを搭載したことを特徴とする磁気情報再生システム。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のスピントネルトランジスタを備えたことを特徴とする磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は磁性体のスピンをトンネル効果に用いたスピントネルトランジスタ、このスピントネルトランジスタを用いた磁気ヘッド及び磁気記憶装置、並びにスピントネルトランジスタを用いた磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

巨大磁気抵抗効果（GMR効果）を利用したGMRヘッドの登場以来、磁気記録の記録密度は年率100%で向上している。GMRヘッドは、磁性層、非磁性層及び磁性層を順次積層したGMR素子を備える。このGMR素子は、非磁性層を介して対向する両磁性層の磁化の相対角度に応じて電気抵抗値が変化する磁気抵抗効果を利用してゐる。GMR素子の中でもスピンプルブと呼ばれる構造が知られている。この構造では、一方の磁性層の磁化は固定され、他方の磁性層の磁化は外部磁場に反応して方向が変わるため、外部磁場の情報（記録媒体からの情報）を磁化の相対角度の変化に応じた両磁性層間の電気抵抗値の変化として読み出すことができる（二端子素子）。

【0003】

また、同様の二端子素子として、トンネル磁気抵抗効果（TMR効果）を利用したTMR素子の開発も進められている。TMR素子は磁性層、誘電体からなるトンネル障壁層、及び磁性層の積層膜を備える。やはり、いずれかの磁性層の磁化を固定し、他方の磁性層の磁化を外部磁場に応じて変化するように設定する。そして、2つの磁性層間に電圧を印加してトンネル電流を流すと、2つの磁性層の磁化の相対角度の変化に応じてトンネル電流が変化し、これにより外部磁場情報を読み出すことができる。

【0004】

一方、スピンプルブトランジスタといわれる三端子素子の開発が進められている。このスピンプルブトランジスタは、トランジスタ一般が備えるエミッタ、ベース、及びコレクタを有し、ベースには磁性金属層を用いる。エミッタ・コレク

タには、SMS (Semiconductor- Metal- Semiconductor) 構造のように半導体を用いることができる。さらに、エミッタ・ベース間あるいはエミッタ・コレクタ間に誘電体材料からなるトンネル絶縁膜を用いた、MIMS (Metal- Insulator- Metal- Semiconductor) 構造、MIMIM (Metal-Insulator-Metal-Insulator-Metal) 構造も提案されており、これらはスピントンネル現象を利用していることからスピントンネルトランジスタと呼ばれている(例えば、特許文献1 参照)。

【0 0 0 5】

ベースの磁性金属には磁性金属層、非磁性金属層、及び磁性金属層が積層されたスピバルブ構造を採用することができる。スピントンネルトランジスタでは、エミッタからベースにホットエレクトロンを注入し、ホットエレクトロンがベース内でスピンの依存した散乱を受ける。この散乱の大小は2つの磁性金属層の磁化の相対角度に依存し、その結果、コレクタ電流が大きく変化する。コレクタ電流は、2つの磁性層の磁化が平行の状態に最大となり、反平行の状態に最小となる。

【0 0 0 6】

試作ではあるが、2つの磁性層の磁化が平行の状態でのコレクタ電流を I_{c_p} 、反平行の状態でのコレクタ電流を $I_{c_{ap}}$ としたときに、コレクタ電流比 ($I_{c_p}/I_{c_{ap}}$ 、以下MR比とする) が、300%程度のスピントンネルトランジスタが得られており、GMR素子やTMR素子よりも高密度な磁気記録用の再生ヘッドを提供できると考えられている(例えば、特願2002-90681参照)。

【0 0 0 7】

【特許文献1】

特開2002-26422号公報

【0 0 0 8】

【発明が解決しようとする課題】

スピントンネルトランジスタの実用化には、一方の磁性層の磁化を固定する工夫が必要となる。例えば、IrMnなどの反強磁性金属層を磁性層に隣接形成して、両者の交換結合により磁性層の磁化固定を行うことが考えられる。しかし、反強磁性層をベース内に挿入すると、ホットエレクトロンのスピンに依存しない散乱

が反強磁性金属層内、及び反強磁性金属と磁性層との界面で増大し、コレクタ電流とMR比が共に減少することが考えられる。

【 0 0 0 9 】

上記事情に鑑み、本発明は、コレクタ電流およびMR比を維持しつつ、磁性層の良好な磁化固定を可能にするスピントンネルトランジスタを提供する事を課題の一つとする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は、エミッタと、エミッタの近傍に形成されたコレクタと、エミッタとコレクタ間に形成されたベースであり、エミッタ側に形成された第1の磁性層、コレクタ側に形成された第2の磁性層、及び第1及び第2の磁性層の間に形成された非磁性層を備えるベースと、第1の磁性層とエミッタ間、あるいはコレクタと第2の磁性層間に形成されたトンネル障壁層であって、隣接する第1あるいは第2の磁性層と交換結合した反強磁性トンネル障壁層とを備えるスピントンネルトランジスタ。

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、トンネル障壁層あるいはその一部を構成する誘電性の反強磁性層と磁性層の交換相互作用によりベーススピバルブ膜の磁性層の磁化を一定方向に固定することができる。このような構造により、ホットエレクトロンの良好なスピン伝導を維持することが可能となり、コレクタ電流およびMR比の減少を回避することができる。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。尚、実施形態や実施例を通じて、同一の構成には同一の符号を付して説明することとし、詳細な説明は省略する。

【 0 0 1 3 】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に関するスピントンネルトランジスタを説明

するための断面図である。このトランジスタは、半導体基板 1 に形成されたコレクタ、ベース B 及び非磁性金属層 11 からなるエミッタを備える。半導体基板 1 は所定の基板上に形成された半導体層と替えてもよい。また、エミッタも複数の非磁性金属層を含む積層膜としてもよい。このトランジスタは、エミッタ、ベース B、コレクタに夫々端子を備え、この端子（図示せず）より外部回路と接続されている。

【0014】

ベース B は、磁性金属層 3、非磁性金属層 5、及び磁性金属層 7 を備えるスピントナル膜を備える。ベース B と非磁性金属層 11 との間には、反強磁性を示す誘電体材料からなるトンネル障壁層 9 が形成されている。このトンネル障壁層 9 は、トンネル伝導が得られる程度に薄く、誘電性を備えており、また、隣接する磁性層 7 との交換結合を維持できる程度の反強磁性を備える。

【0015】

磁性層 7 は、トンネル障壁層 9 と接して形成され磁気的に交換結合している。この交換結合により、磁性層 7 の磁化 M_1 は一方向に固定されている。他方の磁性層 3 の磁化 M_2 は、磁気ディスク等の磁気媒体から伝わる外部磁場に反応して方向が変わるように設定されている。このため、外部磁場の変化に応じて磁性層 3 の磁化方向が変化して両磁性層 3、7 の磁化の相対角度が平行と反平行とに変化する。

【0016】

図 2 は、図 1 に示したスピントナルトランジスタのエネルギーダイアグラムである。

【0017】

エミッタの非磁性金属層 11 とベース B 間に電圧 V を印加し、非磁性金属層 11 からベース B に電子 e （ホットエレクトロン HE）を注入する。エミッタからベース B に注入されたホットエレクトロン HE は、ベース B 内でそのスピンの依存した散乱を受け、注入されたホットエレクトロン HE の一部がショットキー障壁を越えてコレクタである半導体基板 1 に到達する。コレクタの半導体基板 1 に到達した電子はコレクタ電流として端子（図示せず）を介して外部に取り出される。尚

、図 2 中の E_F はフェルミ準位を示す。

【0018】

スピントンネルトランジスタのMR比は、磁性層の磁化に平行なスピン磁気能率を持った電子（アップスピン電子）と反平行なスピン磁気能率を持った電子（ダウンスピン電子）の伝導度が等価でないことから生じる。つまり磁性層 3, 7 の磁化と平行なスピン磁気能率を持ったホットエレクトロンHEは、磁性層 3, 7 の両者、あるいはその一方の磁化と反平行なスピン磁気能率を持ったホットエレクトロンHEに比べて高い伝導率を持つ。

【0019】

IrMnなどの反強磁性金属はスピン磁気能率の向きにかかわらずホットエレクトロンを強く散乱するので、このような反強磁性金属層がベース B 中に存在するとコレクタ電流とMR比が低下する恐れがある。

【0020】

本実施の形態のスピントンネルトランジスタでは、トンネル障壁層 9 に反強磁性材料を用い、磁性層 7 の磁化を固定したため、コレクタ電流の減少とMR比の低下を回避することができる。

【0021】

尚、トンネル障壁層 9 の反強磁性誘電体には、ネール温度の高い酸化物反強磁性体を用いることが好ましい。また、トンネル障壁層 9 は、図 3 に示すように反強磁性体膜 13 と AlO_x 等の非磁性誘電体膜 15 との積層構造 17 とすることも可能である。積層構造 17 にすることにより反強磁性誘電体膜 13 の欠陥によるリーク電流を低減することができる。

【0022】

（第 2 の実施の形態）

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態に関するスピントンネルトランジスタを説明する為の断面図である。このスピントンネルトランジスタは、ベース・エミッタ間に加えてベース・コレクタ間にトンネル接合を設けた点が第 1 の実施の形態によるスピントンネルトランジスタと異なる。

【0023】

ベース・コレクタ間のトンネル接合には、半導体基板 1 とベース B 間に第 2 のトンネル障壁層 1 9 を挿入する。この際に、2 つのトンネル障壁層 9, 1 9 のうち、磁化を固定したい磁性層に隣接するトンネル障壁層に反強磁性誘電体を用いることができる。図 4 のトランジスタでは、第 1 のトンネル障壁層 9 に反強磁性誘電体を用い、第 1 のトンネル障壁層 9 と磁性層 7 を隣接形成し、交換結合させることで、磁性層 7 の磁化 M1 を固定することができる。第 2 のトンネル障壁層 1 9 には非磁性誘電体を用いる。

【 0 0 2 4 】

(第 3 の実施の形態)

図 5 は、本発明の第 3 の実施の形態に関するスピントンネルトランジスタを説明する為の断面図である。

【 0 0 2 5 】

このスピントンネルトランジスタは、エミッタに半導体層 2 1 を用いる点で第 2 の実施の形態と異なる。つまり、ベース B と半導体層 2 1 からなるエミッタ間は、金属-絶縁体-半導体接合 (MIS 接合) となっている。この場合にもトンネル障壁層 9 に反強磁性を備える誘電体を用いてトンネル障壁層 9 と磁性層 7 を交換結合することにより、磁性層 7 の磁化 M1 を固定することができる。

【 0 0 2 6 】

本実施の形態によれば、エミッタ・ベース B 間が MIS 接合となっているため MIM 接合に比べてより低い電圧でホットエレクトロン HE を注入することができ、印加電圧 V による誘電体層の劣化を低減することができる。

【 0 0 2 7 】

次に、本発明の実施例について説明する。

【 0 0 2 8 】

(実施例 1)

実施例 1 では、図 1 及び図 3 を参照しつつ、nGaAs 基板上にノンドープ GaAs コレクタ層 1、Fe 層、Cu 層及び Co 層を備えるベース B、CoO 膜と Al_2O_3 膜の積層構造を備えるトンネル障壁層 9、及び Al エミッタ 1 1 を備えるスピントンネルトランジスタについて説明する。

【 0 0 2 9 】

この積層構造は、マルチチャンバーのMBE装置 (2×10^{-10} Torr) を用いて作成した。まず、MBE装置の第一チャンバー内で、n+GaAsウェファー上にノンドープのGaAsコレクタ層1を約100ナノメートルの厚さに形成した。尚、n+GaAsウェハは(011)面に配向したものを使用した。

【 0 0 3 0 】

次に、ウェファーをMBE装置の第2チャンバー内に移し、層間絶縁膜としてCaF₂膜を200ナノメートルの厚さに形成し、GaAsコレクタ層1に達する $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ の開口を形成した。この開口によりベースBとコレクタ層1間のショットキー接合の面積を決めた。

【 0 0 3 1 】

続いて、コレクタ層1上に、ベースBとなるFe層3 (厚さ約1ナノメートル)、Cu層5 (厚さ約5ナノメートル)、及びCo層7 (厚さ約1ナノメートル) を、クヌードセンセルを用い、0.3 nm/minの速度で形成した。ベースBの各層は(111)面が膜面に優先的に成長した配向膜とした。

【 0 0 3 2 】

続いて、MBE装置の第3チャンバー内で、ベースB上にCoO膜13 (厚さ約1ナノメートル) 及びAl₂O₃膜15 (厚さ約1ナノメートル) からなるトンネル障壁層を形成した。CoO膜13の磁化は、Co膜面内[110]方向に印加した50000eの磁場中、O₂分圧 10^{-5} Torrの雰囲気下で[110]方向に固定した。さらに、このCo膜13上に、O₂分圧 10^{-5} Torrの下でAlソースを用い、Al₂O₃膜14を約1.5ナノメートルの厚さに形成した。

【 0 0 3 3 】

以上の積層膜を形成したウェハをMBE装置の第2チャンバー内に移し、厚さ約200ナノメートルのCaF₂層間絶縁膜を形成した。この層間絶縁膜に面積が約 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ の開口を形成して、ベースBとエミッタ間のトンネル接合のサイズとした。この後、エミッタとしてAl層11 (厚さ約100ナノメートル) を形成した。

【 0 0 3 4 】

このように形成した積層膜の面内に磁場を印加してコレクタ電流の磁場依存性を測定した。図6は、エミッタ・ベースB間に1.5Vの電圧を印加した状態で測定

したコレクタ電流 (nA) - 磁場 (Oe) の特性図である。大小二つの磁場での電流のとびが観測されるが、約200eの小さな磁場でのとびはFe層3の保磁力に対応し、約7000eの大きな磁場でのとびは磁化が固定されたCo層7の保磁力に相当する。この素子のMR比は約200%、コレクタ電流とエミッター電流の比 (コレクタ電流 / エミッター電流、以下、電流透過率とする) は 1.2×10^{-4} であった。

【 0 0 3 5 】

(実施例2)

実施例2では、図1の断面図を参照しつつ、トンネル障壁層9に厚さ約2nmのCoO単層を用いたスピントネルトランジスタについて説明する。

【 0 0 3 6 】

この実施例のスピントネルトランジスタは、CoOトンネル障壁層9を用いた他は、実施例1と同様の方法により作成した。つまり、nGaAs基板の上に、ノンドープGaAsコレクタ層1を介して、Fe層3、Cu層5、及びCo層7を含むベースB、CoOトンネル障壁層9及びAlエミッター層11を形成した。コレクタ層1及びベースBの各層は、実施例1と同様に(111)配向とした。

【 0 0 3 7 】

また、この積層膜を作成した後、膜の面内に磁場を印加して、コレクタ電流の磁場依存性を測定した。Fe層3の保磁力に対応した電流のとびは実施例1と同様約200eであったが、磁化が固定されたCo層7の保磁力に対応するとびは約10000eに増大した。この素子のMR比は約160%、電流透過率は 9×10^{-5} であった。

【 0 0 3 8 】

(比較例)

比較例として、nGaAs基板の上にノンドープGaAsコレクタ層を介して、Fe層、Cu層及びCo層を含むベースB、Al₂O₃トンネル障壁層、及びAlエミッター層を順次積層したスピントネルトランジスタを作成した。尚、コレクタ層及びベースBの各層は、実施例1と同様に(111)配向とした。

【 0 0 3 9 】

トンネル障壁層を厚さ1.5ナノメートルのAl₂O₃層とする他は、実施例1と同様の方法でスピントネルトランジスタを作製し、面内に所定方向の磁場を印加してコレ

クタ電流の磁場依存性を測定した。磁化が固定されていないFe層の保磁力に対応した電流のとびは実施例1と同様約200eだったが、磁化が固定されたCo層7の保磁力に対応したとびは約1000eであり、実施例1に比較して著しく減少した。この素子のMR比は約160%、電流透過率は 1.2×10^{-4} であった。

【0040】

(実施例3)

実施例3は、ベース・エミッタ間に非磁性材料のトンネル障壁層を、ベース・コレクタ間に反強磁性材料のトンネル障壁層を設けたスピントンネルトランジスタに関する。Alエミッタ層とベースBの間にはCoOトンネル障壁層を用い、CoOトンネル障壁層に隣接する磁性層の磁化は反強磁性結合によって固定した。また、ベースBとコレクタ層間には Al_2O_3 トンネル障壁層を用いた。

【0041】

この実施例では、実施例1で述べたのと同様のマルチチャンバーMBE装置を用い、nSi基板上にAlコレクタ層（厚さ約100ナノメートル）を介して、CoOトンネル障壁層（厚さ約3ナノメートル）、Co層（厚さ約2ナノメートル）、Cu層（厚さ約5ナノメートル）及びFe層（厚さ約1ナノメートル）を含むベースB、 Al_2O_3 トンネル障壁層（厚さ約1.5ナノメートル）、Alエミッタ層を順次形成した。ベースB内のCo層の磁化は隣接するCoOトンネル障壁層により固定した。

【0042】

実施例1と同様にAlエミッタ層とベースB間に1.5Vの電圧を印加してコレクタ電流の磁場依存性からCo層およびFe層の保磁力を測定したところ、それぞれ8000e及び200eであった。

【0043】

(実施例4)

実施例4では、トンネル障壁層を介したベース・エミッタ間にMIS構造を用い、トンネル障壁層には図3に示した反強磁性膜17を用いたスピントンネルトランジスタを作成した。また、この実施例では、エミッタを基板側に形成し、ベース及びコレクタはエミッタ上に順次形成した。

【0044】

まず、実施例1で述べたマルチチャンバーMBE装置を用いて、nSi基板（エミッタ）上に、 Al_2O_3 （厚さ約0.5ナノメートル）からなるトンネル障壁層を介して、Fe層（厚さ約1ナノメートル）、Cu層（厚さ約5ナノメートル）及びCo層（厚さ約1ナノメートル）を備えるベースB、CoO（厚さ約3ナノメートル）からなるトンネル障壁層、Alコレクタ層（厚さ約100ナノメートル）を逐次形成した。ベース内のCo層の磁化は隣接するCoO層との交換結合により固定した。

【0045】

このように作成したスピントンネルトランジスタのnSiエミッタとベース間に1.0Vの電圧を印加してコレクタ電流の磁場依存性からCo層及びFe層の保磁力を測定したところ、それぞれ8000e及び200eであった。

【0046】

以上説明した本発明のスピントンネルトランジスタは、磁気再生ヘッドの再生素子として用いることができる。また、この磁気再生ヘッドはハードディスクドライブ等の磁気情報再生システムに用いることができる。さらに、本発明のスピントンネルトランジスタは、ROM等の記憶装置の記憶部に用いることができる。

【0047】

尚、本発明は以上説明した構成に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更可能である。例えば、エミッタ、コレクタ、トンネル障壁層及びベースの層も単層から複数層とすることもできる。また、各層材料も上記の種類や組合せに限定されず、幅広く変更可能である。

【0048】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によればトランジスタのコレクタ電流およびMR比の低下を回避しつつ、実用化に適したスピントンネルトランジスタを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に関するスピントンネルトランジスタを説明するための断面図である。

【図 2】

図 1 のスピントンネルトランジスタのエネルギーダイアグラムである。

【図 3】

図 1 のトンネル障壁層 9 の変形例を説明するための断面図である。

【図 4】

本発明の第 2 の実施の形態に関するスピントンネルトランジスタを説明するための断面図である。

【図 5】

本発明の第 3 の実施の形態に関するスピントンネルトランジスタを説明するための断面図である。

【図 6】

本発明の実施例 1 によるスピントンネルトランジスタのコレクタ電流 (nA) - 磁場 (Oe) 特性図である。

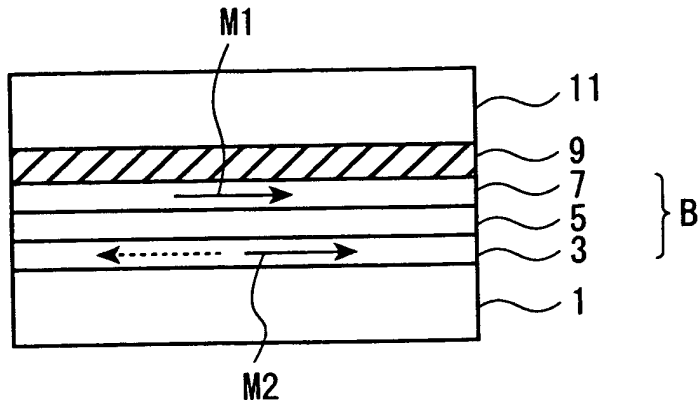
【符号の説明】

- 1 …半導体基板 (コレクタ)、
- 3 …磁性金属層、
- 5 …非磁性金属層、
- 7 …磁性金属層、
- 9 …反強磁性トンネル障壁層、
- 1 1 …非磁性金属層 (エミッタ)、
- 1 3 …反強磁性誘電体膜
- 1 5 …非磁性誘電体膜
- 1 7 …反強磁性トンネル障壁層
- 1 9 …非磁性トンネル障壁層
- 2 1 …半導体層 (エミッタ)
- B…ベース、
- M1…磁性金属層 7 の磁化
- M2…磁性金属層 3 の磁化
- HE…ホットエレクトロン

E_F …フェルミ準位

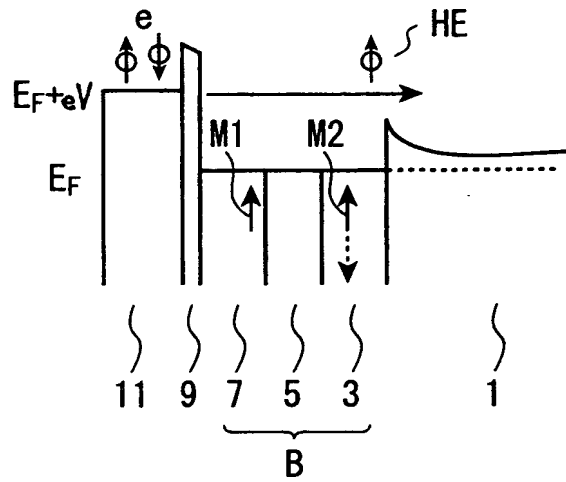
【書類名】 図面

【図 1】



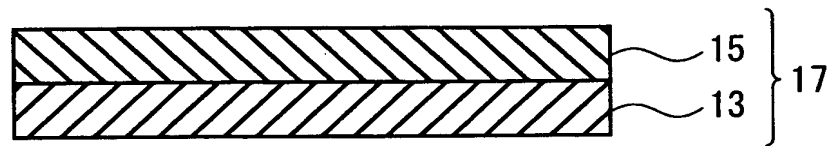
- 1…半導体基板（コレクタ）
- 3…磁性金属層
- 5…非磁性金属層
- 7…磁性金属層
- 9…反強磁性トンネル障壁層
- 11…非磁性金属層（エミッタ）
- B…ベース
- M1…磁性金属層7の磁化
- M2…磁性金属層3の磁化

【図 2】



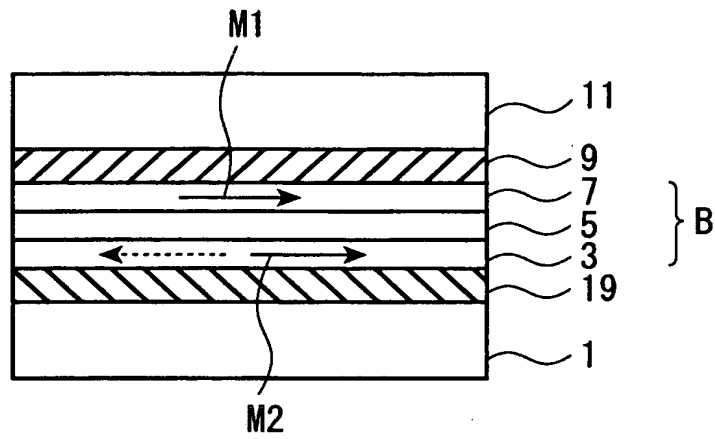
HE…ホットエレクトロン
 E_F …フェルミ準位

【図 3】



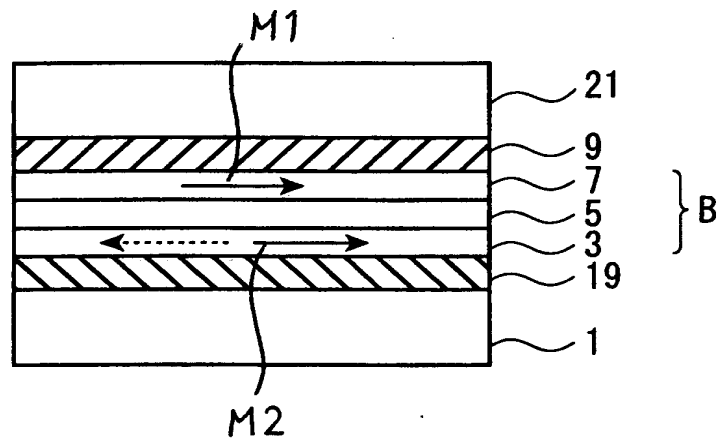
13…反強磁性誘電体膜
 15…非磁性誘電体膜

【図 4】



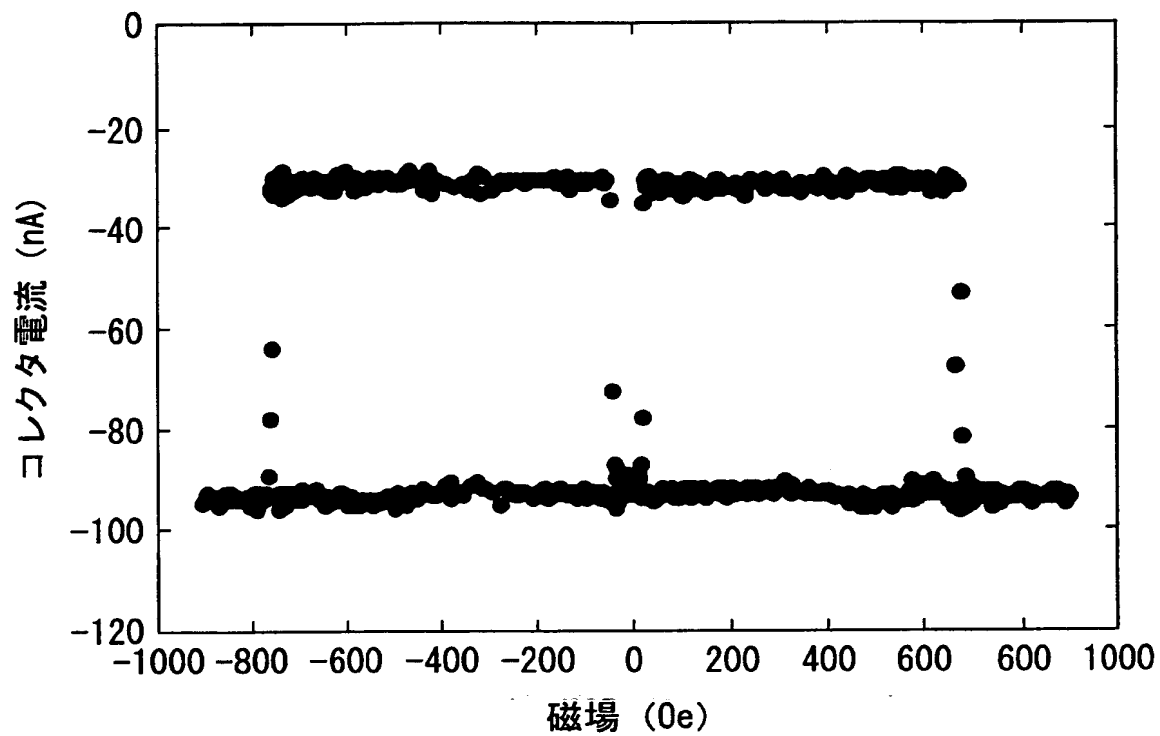
19…非磁性トンネル障壁層

【図 5】



21…半導体層（エミッタ）

【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コレクタ電流およびMR比の減少を回避できる実用化に適したスピント
ンネルトランジスタの提供。

【解決手段】 エミッタと、コレクタと、及びベースを備えたスピントンネルト
ランジスタ。ベースには、エミッタ側に形成された第1の磁性層、コレクタ側に
形成された第2の磁性層、及び第1及び第2の磁性層の間に形成された非磁性層
を備え、第1の磁性層とエミッタ間、あるいはコレクタ間と第2の磁性層間には
、隣接する前記第1の磁性層あるいは前記第2の磁性層と交換結合した反強磁性
トンネル障壁層を備える。

反強磁性トンネル障壁層と磁性層の交換結合により磁性層の磁化を固定すること
で、ベース内でのホットエレクトロンのスピン伝導を維持することが可能となり
、コレクタ電流およびMR比の減少を回避することができる。

【選択図】 図1

特 2002-276636

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-276636
受付番号	50201418350
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成14年 9月25日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 9月24日
-------	-------------

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝